

УДК 621.892.09/099.6

ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Лысая М.С., Рябинин А.А.

Научный руководитель д.т.н. Безбородов Ю.Н.

Сибирский Федеральный Университет

Государственные стандарты предусматривают определение термоокислительной стабильности смазочных материалов как без катализаторов, так и с ними, при этом показателями термоокислительной стабильности предложены: изменения вязкости, отложения на поршне, кислотное число, количество осадка, летучесть, число омыления, содержание смол, коксуемость, содержание нерастворимых примесей, удельное электрическое сопротивление. При этом температурный интервал испытаний составляет от 200 до 400 °С. Целью настоящих исследований являются апробация фотометрического метода определения изменений в смазочных материалах, при их термостатировании и оценки влияния продуктов окисления на противоизносные свойства.

Методика исследования предусматривала применение: прибора для определения термоокислительной стабильности; фотометра; малообъемного вискозиметра; трехшариковой машины трения и электронных весов. Проба масла испытывалась в два этапа. На первом этапе проба масла массой $100 \pm 0,1$ г термостатировалась в приборе для определения термоокислительной стабильности при температуре 180 °С с перемешиванием с постоянной частотой вращения мешалки (300 об/мин) при атмосферном давлении. После каждых 8-и часов испытания проба взвешивалась для определения массы испарившегося масла, затем отбирались пробы для определения вязкости фотометрировались для определения коэффициента поглощения светового потока. Испытания прекращались по достижению коэффициента поглощения светового потока значений 07-08 ед. или изменению вязкости на 30%.

На втором этапе технология термостатирования аналогична, но при этом отбиралась дополнительная проба окисленного масла (20 г) для испытания на машине трения, поэтому пробу масла в приборе для термостатирования доливали товарным маслом до первоначального значения (100 г), причем пробы окисленного масла отбирали при достижении коэффициента поглощения светового потока приблизительно значений 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; и 0,8 ед.

Испытания на противоизносные свойства проводились по схеме шар (диаметр 9,2 мм) – цилиндр (диаметр 80 мм). Испытательные образцы выполнены из стали ШХ15. Параметры трения: нагрузка 13 Н, скорость скольжения 0,68 м/с, температура масла в объеме 80 °С. Противоизносные свойства оценивались по среднеарифметическому значению диаметров пятен износа на трех шарах.

Результаты исследований и их обсуждение. Для исследования выбраны отечественные моторные масла М10-Г_{2К}, М8-Г₂, ЛУКОЙЛ стандарт 10w-40 SF/CC и Utech navigator 15w-40 S6/CD. Результаты испытания представлены на рис 1 и 2. По зависимостям коэффициента светового потока видно, что дизельные масла М10-Г_{2К} и М8-Г₂ незначительно различаются и потенциальный ресурс их равен 80 ч. Универсальное масло Utech navigator (кривая 4) уступает другим маслам и группа эксплуатационных свойств его CD т.е. ниже чем других масел (CC). Ресурс его составит 48 часов, а Лукойл стандарт – 56 ч.

Зависимости $K_n = f(t)$ имеют изгибы, указывающие на более интенсивное увеличение коэффициента K_n , что вызвано образованием более оптически непрозрачных продуктов окисления.

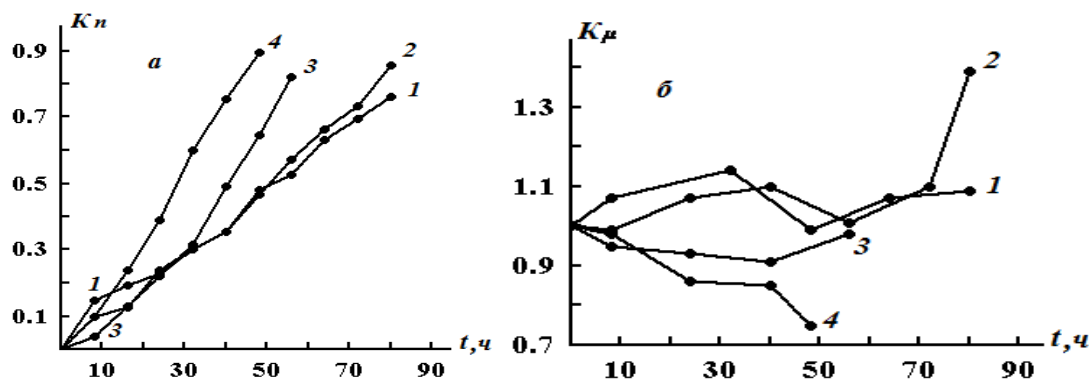


Рис.1. Зависимость коэффициентов поглощения светового потока K_n (а) и относительной вязкости K_μ (б) от времени окисления минеральных моторных масел: 1 – М10-Г_{2К}; 2 – М8-Г₂; 3 – Лукойл стандарт 10w-40 SF/CC; 4 - Utech navigator 15w-40 S6/CD

Изменение вязкости при окислении минеральных масел оценивалось коэффициентом относительной вязкости K_μ , определяемым отношением (рис. 1б):

$$K_\mu = \mu_o / \mu_{исх}, \quad (1)$$

где μ_o и $\mu_{исх}$ - вязкости окисленного и товарного масел соответственно.

Установлено, что вязкость минеральных масел при окислении колеблется, однако для масел М10-Г_{2К} и М8-Г₂ сохраняется тенденция увеличения вязкости, а у масла Лукойл стандарт она уменьшается на 9% в течение 40 ч испытания, затем увеличивается. Для масла Utech navigator сохраняется тенденция уменьшения вязкости и за 48 часов испытания она уменьшается на 25% по сравнению с товарным маслом.

Необходимо отметить, что вязкость масла М8-Г₂ за 80 ч испытания увеличилась на 39%, поэтому в процессе эксплуатации двигателей, работающих на этом масле необходимо контролировать показатель вязкости

Показатель летучести минеральных моторных масел (рис. 2) самый низкий у масла М10-Г_{2К}, а самый высокий у масел Лукойл стандарт и Utech navigator. Данный показатель определяет температурную область работоспособности исследуемых масел.

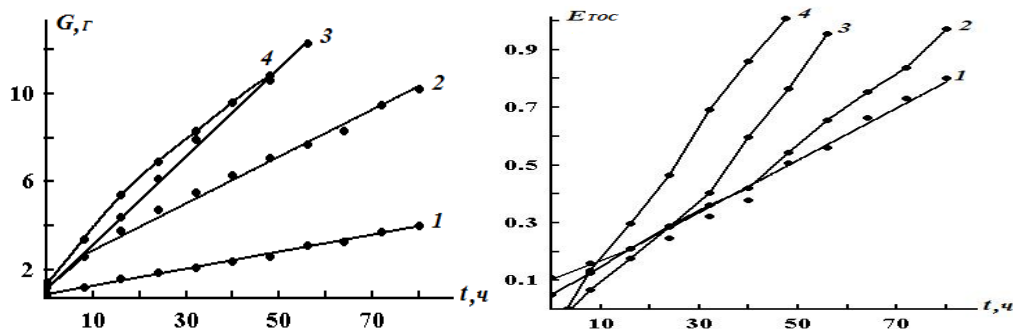


Рис. 2. Зависимость летучести минеральных масел от времени их окисления (Усл. обозн. см. на рис. 1)

Рис. 3. Зависимости коэффициента термоокислительной стабильности $E_{ТОС}$ от

времени окисления минеральных моторных масел (Усл. обозн. см. на рис. 1)

На основе проверенных испытаний установлено, что при термостатировании минеральных масел изменяются оптические свойства и летучесть, а изменение вязкости вызвано изменением состава и свойств продуктов окисления, поэтому термоокислительную стабильность предложено оценивать коэффициентом E_{TOC} определяемым выражением:

$$E_{TOC} = K_{\Pi} + K_G, \quad (2)$$

где K_{Π} - коэффициент поглощения светового потока; K_G - коэффициент летучести.

$$K_G = m / M, \quad (3)$$

где m и M - массы исправшегося масла и оставшейся пробы масла после окисления соответственно.

Коэффициент термоокислительной стабильности E_{TOC} учитывает два параметра изменения оптических свойств и летучести (рис. 3). По данным рис. 3 наиболее термостойким является масло М10-Г_{2к}, а наименее - Utech navigator. Потенциальный ресурс исследуемых масел при значении коэффициента $E_{TOC} = 0,8$ ед. составил: масла М10-Г_{2к} – 79ч; М8-Г₂ – 68ч; Лукойл стандарт – 49ч и Utech navigator – 38ч.

При термостатировании масел протекают процессы самоорганизации т.к. смазочный материал не может неограниченно поглощать тепловую энергию, поэтому избыток ее сбрасывается в виде продуктов окисления и испарения. Поэтому предложено оценивать интенсивность процессов самоорганизации коэффициентом, K_C определяемым отношением:

$$K_C = V_{K\Pi} / V_G, \quad (4)$$

где $V_{K\Pi}$ и V_G - соответственно скорости окисления и испарения масел за определенный промежуток времени.

На рис. 4 представлены зависимости коэффициента интенсивности процессов самоорганизации от времени окисления минеральных масел. Установлено, что наиболее интенсивно процессы самоорганизации протекают в маслах М10-Г_{2к}, и менее интенсивно в маслах Лукойл стандарт и Utech navigator.

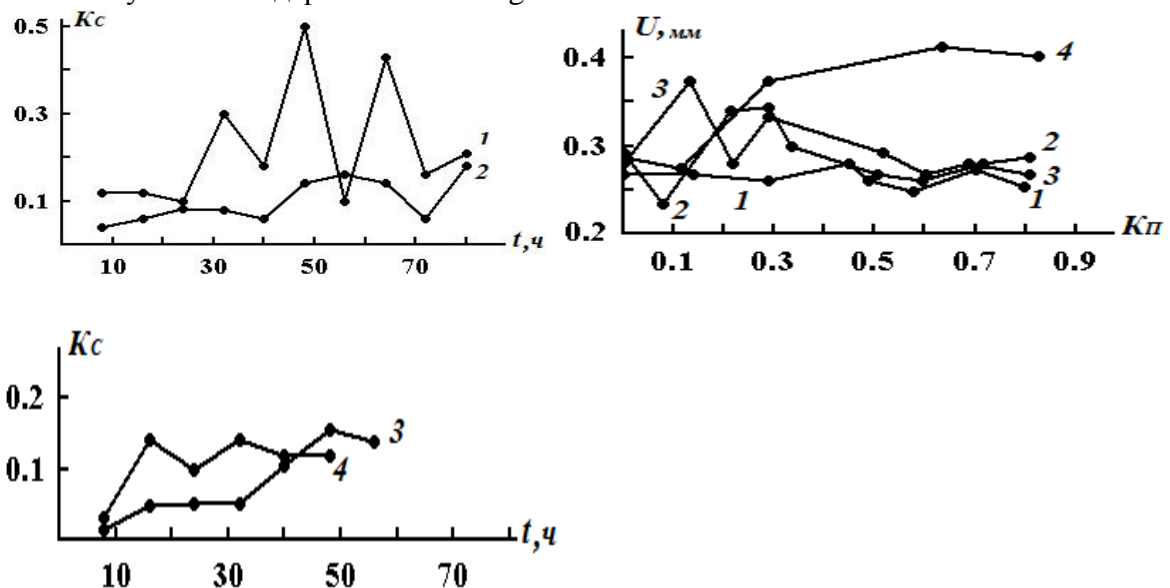


Рис. 4. Зависимость коэффициента интенсивности процессов самоорганизации в минеральных маслах при их окислении (Усл. обозн. см. на рис. 1)

Рис. 5. Зависимость параметра износа от коэффициента поглощения светового потока при окислении минеральных масел (Усл. обозн. см. на рис. 1)

Результаты противоизносных свойств минеральных масел при их окислении представлены на рис. 5. Согласно данным наилучшими противоизносными свойствами характеризуется масло М10-Г_{2К} (кривая 1). Диаметр пятна износа не превышает 0,3 мм. Наихудшими противоизносными свойствами характеризуется масло Utech navigator (кривая 4), при этом износ превышает 0,4 мм. Необходимо отметить, что противоизносные свойства масел 1-3 при значении коэффициента K_{Π} равного от 0,6 до 0,7 ед. практически одинаковы.

Кроме того установлено, что в начальный период окисления масел противоизносные свойства нестабильны и это происходит до значения коэффициента $K_{\Pi} \approx 0,3$ ед. Это значение коэффициента K_{Π} наступает при изгибе зависимостей $K_n = f(t)$ (см. рис. 1), т.е. доокисленные продукты окисления повышают противоизносные свойства минеральных масел.

Противоизносные свойства предложено оценивать критерием противоизносных свойств Π . Определяемым отношением:

$$\Pi = K_{\Pi} / U, \quad (5)$$

где K_{Π} - коэффициент поглощения светового потока; U - диаметр пятна износа, мм.

Данный критерий характеризует условную концентрацию продуктов окисления на номинальной площади контакта. Установлено, что критерий противоизносных свойств для масел 1-3 незначительно различается, а для масла 4 он принимает наименьшее значение. Согласно данным критерий Π составил для масел: М10-Г_{2К} – 4,0 ед., М8-Г₂ – 3,5 ед., Лукойл стандарт – 3,6 ед., Utech navigator – 2,5 ед. Поэтому чем меньше значение критерия Π , тем ниже противоизносные свойства исследуемого масла.

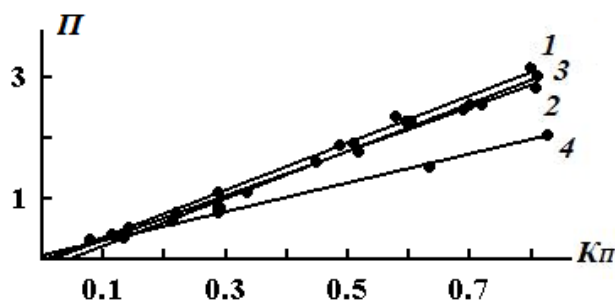


Рис. 6. Зависимость критерия противоизносных свойств от коэффициента поглощения светового потока при окислении минеральных моторных масел (Усл. обозн. см. на рис. 1)

Выводы. На основании проведенных исследований минеральных масел установлено:

1. Минеральные масла М10-Г_{2К}, М8-Г₂ и Лукойл стандарт относятся к одной группе (СС) эксплуатационных свойств для дизельных двигателей различаются скоростью окисления и летучестью.

2. Предложено термоокислительную стабильность оценивать по коэффициенту, определяемому суммой коэффициентов поглощения светового потока и летучести, что позволяет сравнивать различные масла и выбирать наиболее термостойкие.

3. Установлено явление перераспределения избыточной тепловой энергии между продуктами окисления и испарения.

4. Предложен критерий противоизносных свойств, определяемый отношением коэффициента поглощения светового потока к параметру износа.